

## 3C-SiC(111) 上に成長したグラフェンのラマン散乱分光による歪み評価 Strain evaluation of graphene grown on 3C-SiC(111) by Raman scattering spectroscopy

○関根佳明<sup>1</sup>, 熊倉一英<sup>1</sup>, 日比野浩樹<sup>1,2</sup> (1. NTT 物性基礎研, 2. 関西学院大理工)

○Yoshiaki Sekine<sup>1</sup>, Kazuhide Kumakura<sup>1</sup>, and Hiroki Hibino<sup>1,2</sup>

(1. NTT Basic Research Labs., and 2. School of Science and Technology, Kwansai Gakuin Univ.)

E-mail: sekine.yoshiaki@lab.ntt.co.jp

SiCは結晶多形の違いにより特徴があるため、異なる結晶多形のSiC基板に成長したグラフェンも基板の影響を受け、キャリア濃度、表面形状、層数分布などが異なる[1-3]。SiC上グラフェンでは一般的に単層と多層が混在するが、3C-SiC上グラフェンは、高い単層被覆率の試料作製が容易である[3, 4]。このためデバイス応用に適しているが、歪みなどの基礎物性の報告は多くない。今回、3C-SiC(111)上に成長したグラフェンの歪みをラマン散乱分光により評価した。

4H-SiC成長基板とSiC原料をアニール炉の中で1660°C、Ar雰囲気中、5分間加熱し、4H-SiC(0001)基板に3C-SiC(111)を成長した[4]。成長試料のラマン散乱分光の代表的な結果を図1(a)に示す。4H-SiCピーク以外に観測されているピークは、3C-SiCのTO、LOモードと同定できた[5]。TOピーク位置のシフト量から見積もると[6]、本試料の4H-SiC上の3C-SiCは、格子不整合により圧縮歪みを受けているが、部分緩和していると考えられる。この試料を1610°C、Ar雰囲気中で加熱し、通常のSi昇華法により、グラフェンを作製した[7]。ラマン散乱分光による3C-SiC上、および4H-SiC上グラフェンのGピーク位置( $\omega_G$ )と2Dピーク位置( $\omega_{2D}$ )を図1(b)に示す。各点は同一試料の異なる場所の( $\omega_G, \omega_{2D}$ )である。 $\omega_G - \omega_{2D}$ プロットにより、グラフェンの歪みとドーピング量を評価することができる[8]。歪みもドーピングもない試料では( $\omega_G^0, \omega_{2D}^0$ )=(1582, 2669)[cm<sup>-1</sup>]であり、グラフェンに圧縮歪みが印加された場合のピーク位置の変化は、緑の点線に沿って変化する。3C-SiC上のグラフェンの圧縮歪みは、4H-SiC上よりも緩和している。これは、4H-SiC上の3C-SiCの面内格子定数が、4H-SiCより大きいためである。このグラフェン圧縮歪みの緩和は、TOピークから求めた、4C-SiC上の3C-SiCの圧縮歪みの部分緩和と定量的にも一致した。本結果は、今後のデバイス設計において、SiC上グラフェンの歪みを考える際の指針となる。

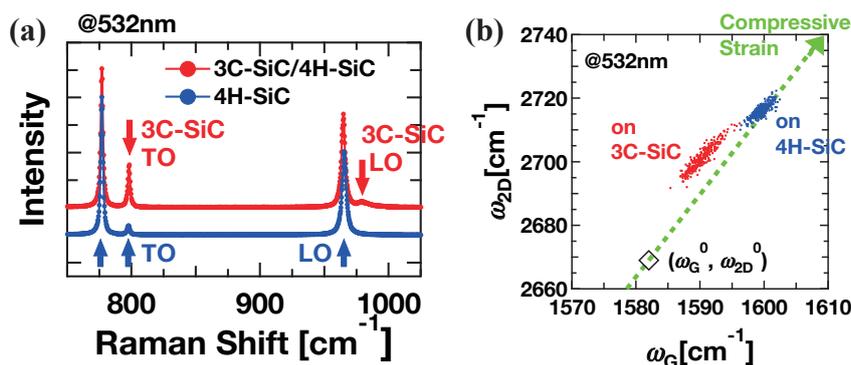


Fig. 1(a) Raman spectra of 3C-SiC(111)/4H-SiC(0001) and 4H-SiC(0001). TO and LO peaks of 3C-SiC are identified. From TO peak shift of 3C-SiC, it is found that compressive strain in 3C-SiC is partially relaxed, which is caused by lattice mismatch between 3C-SiC and 4H-SiC. Both spectra are normalized by peak intensity of 4H-SiC. (b) Plot of graphene G vs 2D peak positions. Green dotted line with arrow shows the direction of compressive strain. Strain of graphene/3C-SiC is relaxed compared with that of graphene/4H-SiC. This strain relaxation of graphene agrees well with partial strain relaxation of 3C-SiC/4H-SiC estimated from 3C-SiC TO peak.

### Reference

- [1] J. Ristein *et al.*, Phys. Rev. Lett. **108**, 246104 (2012).
- [2] S. Mammadov *et al.*, 2D Mater. **1**, 035003 (2014).
- [3] G. R. Yazdi *et al.*, Carbon **57**, 477 (2013).
- [4] 関根佳明など, 応用物理学会 2016 秋季講演会.
- [5] S. Nakashima *et al.*, phys. stat. sol. (a) **162**, 39 (1997).
- [6] S. Rohmfeld *et al.*, J. Appl. Phys. **91**, 1113 (2002).
- [7] H. Hibino *et al.*, J. Phys. D **43**, 374005 (2010).
- [8] J. E. Lee *et al.*, Nature Commun. **3**, 1024 (2012).